

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-326107

(43)Date of publication of application : 28.11.2000

(51)Int.Cl.

B23B 27/14
C23C 14/06

(21)Application number : 11-138039

(71)Applicant : HITACHI TOOL ENGINEERING LTD

(22)Date of filing : 19.05.1999

(72)Inventor : INOUE KENICHI

(54) HARD FILM COATING TOOL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a hard film coating tool having a TiAlN film capable of meeting a dry and high speed cutting by improving oxidation and abrasion resistances.

SOLUTION: A base material is made of one of high speed steel, cemented carbide, cermet, and ceramics. A (a) layer is made of one of nitride, carbonitride, oxynitride, and oxycarbonitride (compound E) composed in metal atomic % of 10 to 60 of Si, less than 10 of one or more of B, Al, V, Cr, Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, and W (composition D), and Ti as remainder, and has a NaCl type crystal structure and a lattice constant of 0.417 to 0.423 nm. A (b) layer is made of one of the compound E composed in metal atomic % of 40 to 75 of Al, less than 10 of one or more of the composition D, and Ti as remainder, and has a NaCl type crystal structure. One or more of the (a) and (b) layers are alternatively coated. A (c) layer which is made of nitride containing Ti as a main metallic composition and has a layer thickness of 0.1 to 1 μm is laid directly on the base material surface, and the (b) layer on the (c) layer.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3343727

[Date of registration] 30.08.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-326107
(P2000-326107A)

(43) 公開日 平成12年11月28日 (2000. 11. 28)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------|
| B 2 3 B 27/14 | | B 2 3 B 27/14 | A 3 C 0 4 6 |
| C 2 3 C 14/06 | | C 2 3 C 14/06 | P 4 K 0 2 9 |

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

| | | | |
|-----------|--------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平11-138039 | (71) 出願人 | 000233066 日立ツール株式会社 東京都江東区東陽4丁目1番13号 |
| (22) 出願日 | 平成11年5月19日 (1999. 5. 19) | (72) 発明者 | 井上 謙一 千葉県成田市新泉13番地の2 日立ツール 株式会社成田工場内 |
| | | Fターム (参考) | 3C046 FF03 FF04 FF05 FF09 FF10 FF13 FF16 FF17 FF19 FF25 4K029 AA02 AA04 BA41 BA54 BA55 BA60 BB02 BB07 BC01 BC02 BD05 |

(54) 【発明の名称】 硬質皮膜被覆工具

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】耐酸化性、耐摩耗性を改善し、切削加工の乾式化、高速化に対応する、TiAlN皮膜を有する、硬質皮膜被覆工具。

【解決手段】高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Siが10~60で、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W (成分D) が1種以上で10未満、残Tiで、構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物 (化合物E) のいずれかであり、NaCl型結晶構造を有し、格子定数が0.417~0.423nmであるa層と、金属成分のみの原子%が、Al:40越え75以下で、成分Dが1種以上で10未満、残Tiで構成される化合物Eのいずれかで、NaCl型結晶構造を有すb層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、母材表面直上には金属成分としてTiを主体とする窒化物で層厚が0.1~1μmのc層があり、さらにc層直上にはb層である、硬質皮膜被覆工具。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Si が 10%以上 60%以下、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W の 1 種または 2 種以上で 10%未満、残 Ti で構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかであり、NaCl 型結晶構造を有し、かつ格子定数が 0.417 nm 以上 0.423 nm 以下である a 層と、金属成分のみの原子%が、Al : 40% 越え 75% 以下、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W の 1 種または 2 種以上で 10%未満、残 Ti で構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、NaCl 型結晶構造を有する b 層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ母材表面直上には金属成分として Ti を主体とする窒化物で層厚が 0.1 μm 以上 1 μm 以下の c 層があり、さらに c 層直上は b 層であることを特徴とする硬質皮膜被覆工具。

【請求項 2】 請求項 1 記載の硬質皮膜を物理蒸着法により被覆したことを特徴とする硬質皮膜被覆工具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、金属材料等の切削加工に使用される硬質皮膜被覆工具に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来は TiN、TiCN 等を被覆した切削工具が汎用的かつ一般的であった。TiN は比較的耐酸化性に優れるため、切削時の発熱によって生じる工具のすくい面摩耗に対して、優れた耐摩耗性を示すだけでなく、母材との密着性も良好であることが特長である。また、TiCN は、TiN に比べ高硬度であるため、工具の逃げ面摩耗に対して優れた特性を示す。しかしながら、金属加工の高効率化を目的とした切削速度の高速化傾向に対し、上記硬質皮膜では、十分な耐酸化性、耐摩耗性を示さなくなった。この様な背景から、皮膜の耐酸化性、耐摩耗性をより向上させる研究がなされ、その結果、特開昭 62-56565 号、特開平 2-194159 号に代表される TiAlN 皮膜が開発され切削工具に適用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 TiAlN 皮膜は、その皮膜中に含有する Ti と Al の成分比率により異なるものの、概略 2300~2800 のピッカース硬さを有すだけではなく、耐酸化性が、前記 TiN、TiCN に比べ優れるため、刃先が高温に達する切削条件下においては、切削工具の性能を著しく向上させる。しかしながら、近年では切削速度が更に高速化する傾向に加え、乾式での切削加工が環境問題上重要視され、切削工具の使用環境はますます苛酷なものとなってきた。

【0004】 本発明者等の研究によれば、大気中における TiAlN 皮膜の酸化開始温度は、TiN の 450℃ に対し、Al の添加量に依存して 750~900℃ に向上する。しかしながら、前述の乾式高速切削加工においては、使用する工具の刃先温度が 900℃ 以上の高温に達するため、前記 TiAlN 皮膜では、十分な工具寿命が得られないのが現状である。

【0005】 本発明はこうした事情に鑑みなされたものであって、従来の TiAlN 皮膜に対し、更に耐酸化性、耐摩耗性を改善し、切削加工の乾式化、高速化に対応する硬質皮膜被覆工具を提供することが目的である。

【0006】

【課題を解決するための手段】 発明者等は、硬質皮膜の耐酸化性、耐摩耗性および密着性に及ぼす、様々な元素の影響および皮膜の層構造について詳細な検討を行った結果、Si を適量含有した Ti を主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物（以下、TiSi 系窒化物等と記す）と、Ti と Al を主成分とした窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物（以下、TiAl 系窒化物等と記す）に含まれる金属成分を特定値内に制限した皮膜を、TiSi 系窒化物等の格子定数を 0.417 nm 以上 0.423 nm 以下になるよう、それぞれ一層以上交互に被覆し、その際、金属成分として Ti を主体とする窒化物層を母材表面直上に被覆することで、乾式の高速度切削加工において、切削工具の性能が極めて良好となることを見出し本発明に到達した。

【0007】 すなわち本発明は、高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Si が 10%以上 60%以下、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W の 1 種または 2 種以上で 10%未満、残 Ti で構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかであり、NaCl 型結晶構造を有し、かつ格子定数が 0.417 nm 以上 0.423 nm 以下である a 層と、金属成分のみの原子%が、Al : 40% 越え 75% 以下、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W の 1 種または 2 種以上で 10%未満、残 Ti で構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、NaCl 型結晶構造を有する b 層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ母材表面直上には金属成分として Ti を主体とする窒化物で層厚が 0.1 μm 以上 1 μm 以下の c 層があり、さらに c 層直上は b 層であることを特徴とする硬質皮膜被覆工具であり、上記硬質皮膜は、物理蒸着法により被覆されたことが望ましい。

【0008】

【発明の実施の形態】 はじめに請求項に記載の a 層に関して、その構成要件について詳しく述べる。一般に TiAlN 皮膜は、大気中で酸化テストを行うと、皮膜表面近傍の Al が最表面に外向拡散し、そこでアルミナ層を

形成する。本発明者らの研究によれば、このことが耐酸化性向上の理由と考えられるが、この時、アルミナ層直下には、Al を含有しない非常にポーラスなTi 酸化物が形成する。静的である酸化テストにおいては、最表面に形成されたアルミナ層が、酸化の進行である酸素の内向拡散に対し、酸化保護膜として機能するものの、動的な切削加工においては、最表面のアルミナ層は、その直下のポーラスなTi 酸化物層より容易に剥離してしまい、酸化の進行に対し十分な効果を発揮しない。

【0009】しかしながら、TiSi 系窒化物等は皮膜自体の耐酸化性が極めて高いだけでなく、最表面に酸化保護膜となるSi を含有する非常に緻密な複合酸化物層が形成され、また、その直下には酸化保護膜の剥離原因となるポーラスなTi 酸化物が形成されないことを確認した。上記効果を得るには、Si が皮膜の金属成分のみの原子%で、10%以上含有していなければならず、逆に60%を越えて含有すると、皮膜の延性ないしは硬さの低下が顕著になり、切削工具としての使用に耐えられなくなる。

【0010】B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、TiSi 系窒化物等の皮膜中において固溶強化元素として働き、皮膜の高硬化化に有効である。そのため、必要に応じB、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上を微量添加することが望ましい。しかしながら皮膜の金属成分のみの原子%で10%以上添加すると、前述したSi 含有による耐酸化性向上効果が得られなくなる。よって、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、1種または2種以上で10%未満とする。

【0011】本発明a 層は、その格子定数を0.417nm以上0.423nm以下にすることで高硬化化が達成でき、著しく耐摩耗性に優れた皮膜が得られる。発明者等の研究によれば、請求項記載の成分範囲においては、単一a 層の格子定数は0.424~0.426nmであり、単一b 層の格子定数は0.415~0.417nmと単一b 層の方が極端に小さいことを確認している。しかしながら、a 層およびb 層をそれぞれ一層以上交互に被覆し、その際の基体に印加するバイアス電圧を適当な値に制御することで、a 層は、その下地に位置するb 層と結晶格子レベルで整合する。その結果、a 層の結晶格子は単一で存在する場合よりも縮小することとなり、a 層には格子歪みが発生し、その硬さが向上する。a 層およびb 層を被覆する際、基体に印加するバイアス電圧は、アーク放電方式イオンプレーティングや、スパッタリングといった物理蒸着法の違いや、同様の手法であっても成膜装置の基本的な仕様によって絶対値は異なるものの、a 層とb 層の界面における結晶格子の整合性を確保するには、両層を近似のバイアス電圧で成膜することにより達成できる。

【0012】次に請求項中記載のb 層に関して、その構成要件について詳しく述べる。TiAl 系窒化物等の皮膜であるb 層におけるAl の役割は、皮膜の耐摩耗性および耐酸化性を向上させることである。皮膜の耐摩耗性および耐酸化性は、皮膜中のAl 含有量の増加に伴って向上する。しかしながら、75%を越えて含有すると、皮膜の硬さが低下し、工具として必要な耐摩耗性が得られなくなる。そのため、耐摩耗性、耐酸化性をバランス良く得るためには、b 層中のAl 含有量を、皮膜の金属成分のみの原子%で、40%越え75%以下に調整することが重要である。

【0013】B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、TiAl 系窒化物等の皮膜中において固溶強化元素として働き、皮膜の高硬化化に有効である。そのため、必要に応じB、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上を微量添加することが望ましい。しかしながら皮膜の金属成分のみの原子%で10%以上添加すると、皮膜の靱性が極端に低下する。そのため、耐摩耗性、耐酸化性、靱性をバランス良く得るためには、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは1種または2種以上で10%未満とする。

【0014】上記a 層およびb 層は、いずれも母材との密着性においては十分でない。そのため、母材表面直上には、b 層および母材との密着性に優れ、適度に耐摩耗性、耐酸化性等を有す金属成分としてTi を主体とする窒化物のc 層が必要である。c 層はa 層およびb 層に比べ硬さの低いTiN であることが望ましいが、TiN に周期律表IVa 族、Va 族、VIa 族金属およびAl、Si、Y、Co等を微量に含有する場合、具体的には金属成分のみの原子%で10at%未満の含有量においても同様の効果が得られる。

【0015】c 層の層厚は0.1μm以上1μm以下に限定される。c 層の層厚が厚いほど密着性の向上は顕著になる。しかしながら、一般に切削中においては、刃先部の皮膜は斜め断面の形態で摩耗するため、a 層およびb 層に比べ耐酸化性の低いc 層より優先的に酸化が進行する。そのためc 層の層厚が厚い場合、つまり切削中の摩耗によるc 層の露出面積が大きい場合は、c 層の優先酸化が顕著となり、切削工具の性能は著しく向上しない。また、極端にc 層の層厚が薄い場合は、密着性向上効果が顕著に表れない。以上のような理由からc 層の層厚を0.1μm以上1μm以下とする。望ましくは0.2μm以上0.4μm以下である。

【0016】以上のように本発明においては、母材との密着性に優れたc 層を母材表面直上に被覆し、その上に皮膜自体の耐摩耗性および耐酸化性をバランス良く有すNaCl 型結晶構造のb 層と、著しく耐酸化性に優れたa 層を、b 層と同じNaCl 型結晶構造の状態で被覆することが極めて重要であり、その結果、乾式の高速切削

に対応する切削工具を得ることが可能となる。また、母材表面直上に c 層を被覆し、その上に b 層を被覆した後、a 層ならびに b 層をそれぞれ交互に積層した多層皮膜によっても同様の効果が得られる。

【0017】また、a 層および b 層の各層は必要に応じて窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかに調整でき、それらを被覆した工具についても同様の効果が得られる。本発明の硬質皮膜被覆工具は、その被覆方法については、特に限定されるものではないが、被覆母材への熱影響、工具の疲労強度、皮膜の密着性、および a 層と b 層の整合性等を考慮した場合、比較的低温で被覆でき、被覆した皮膜に圧縮応力が残留するアーク放電方式イオンプレーティング、もしくはスパッタリング等の被覆母材側にバイアス電圧を印加する物理蒸着法であることが望ましい。以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

【0018】

【実施例】小型アークイオンプレーティング装置を用い、金属成分の蒸発源である各種合金製ターゲット、ならびに反応ガスである N₂ ガス、CH₄ ガス、Ar/O₂ 混合ガスから目的の皮膜が得られるものを選択し、被覆基体温度 400℃、反応ガス圧力 3.0 Pa の条件下にて、被覆基体である超硬合金製 6 枚刃エンドミル（外径 8 mm）および超硬合金製ドリル（外径 8 mm）に、全皮膜の厚みが 4 μm となるように成膜を行った。なお、本発明例の全てと、比較例 54、55、56、58、59 については、a 層ならびに b 層ともに -100 V の同じバイアス電圧を印加し成膜したが、比較例 51、52、53、57 については、a 層を -30 V、b 層を -200 V とそれぞれ異なったバイアス電圧を印加し成膜した。また、本発明例ならびに比較例の c 層およ

び従来例については、全て -150 V のバイアス電圧を印加し成膜した。本発明例および比較例の a 層および b 層の厚みについては、基本的にほぼ 1 : 1 であるが、表中の総積層数が 2 層のものについては、a 層を約 0.5 μm としたため、b 層は全皮膜の厚みより a 層、c 層（表中記載）を差し引いた層厚である。

【0019】得られた硬質皮膜被覆エンドミルおよびドリルを用い、次に示す乾式の高速切削条件にて、刃先の欠けないしは摩耗等により工具が切削不能となるまで加工を行い、その時の切削長、穴あけ数を工具寿命とした。表 1 に本発明例、表 2 に比較例の硬質皮膜に関する詳細およびそれらの切削結果を示す。a 層の格子定数については X 線回折より算出した。併せて表 3 に従来例の切削結果を示す。

【0020】エンドミル切削条件は、工具として超硬合金製 6 枚刃エンドミル、外径 8 mm を用いて、側面切削をダウンカットで、被削材は SKD11（HRC 60）、切り込み量 $A_d = 1.2 \text{ mm}$ 、 $R_d = 0.2 \text{ mm}$ 、切削速度 $= 200 \text{ m/min}$ 、送り量 0.03 mm/tooth 、切削油 = なし、但し、エアブローを使用で行った。

【0021】次に、ドリルの切削条件は、工具として超硬合金製ドリル、外径 8 mm を用いて、被削材 SCM440（HRC 30）の穴加工を、切削速度 $= 90 \text{ m/min}$ 、送り量 $= 0.2 \text{ mm/rev}$ 、切削油 = なし、但し、エアブローを使用し、穴深さ 24 mm の止まり穴の加工で行った。また、加工穴数は最高 2000 穴で終わりとした。

【0022】

【表 1】

| | | a 層 | | b 層 | 総積層数 (a層+b層) | c 層 (TiN) | 工具寿命 | |
|------------------|----|---|--------------|---|-----------------|------------|--------------|-------------|
| | | 組成 | 格子定数 (nm) | 組成 | | 厚み (μm) | エンドミル (m) | ドリル (穴数) |
| 本 発 明 例 | 1 | (Ti ₇ Si ₂ Al ₁ Cr ₄)N | 0.4213 | (Ti ₆ Al ₄)N | 20 | 0.21 | 36.50 | 2000 |
| | 2 | (Ti ₆ Si ₄)N | 0.4212 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.35 | 35.25 | 2000 |
| | 3 | (Ti ₆ Si ₄)N | 0.4212 | (Ti ₆ Al ₄)N | 4 | 0.14 | 35.50 | 2000 |
| | 4 | (Ti ₇ Si ₃)CN | 0.4221 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.32 | 35.50 | 2000 |
| | 5 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4202 | (Ti ₆ Al ₄ Nb ₄)N | 20 | 0.11 | 35.50 | 2000 |
| | 6 | (Ti ₇ Si ₃ Nb ₄)N | 0.4197 | (Ti ₆ Al ₄ Zr ₃ Y ₃)N | 20 | 0.20 | 36.00 | 2000 |
| | 7 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4212 | (Ti ₆ Al ₄)CN | 10 | 0.43 | 35.75 | 2000 |
| | 8 | (Ti ₇ Si ₃)CN | 0.4220 | (Ti ₆ Al ₄)CN | 4 | 0.29 | 36.00 | 2000 |
| | 9 | (Ti ₇ Si ₃ Al ₁)N | 0.4184 | (Ti ₆ Al ₄)N | 5 | 0.25 | 36.25 | 2000 |
| | 10 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4222 | (Ti ₆ Al ₄ Zr ₃ Y ₃)N | 13 | 0.12 | 35.75 | 2000 |
| | 11 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4215 | (Ti ₆ Al ₄ Mo ₃ W ₃)N | 4 | 0.46 | 35.75 | 2000 |
| | 12 | (Ti ₇ Si ₃ Zr ₃ Y ₃)N | 0.4221 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.33 | 36.25 | 2000 |
| | 13 | (Ti ₇ Si ₃ Al ₁)CN | 0.4202 | (Ti ₆ Al ₄)N | 10 | 0.11 | 36.00 | 2000 |
| | 14 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4211 | (Ti ₆ Al ₄ V ₄ Ta ₄)N | 5 | 0.23 | 36.00 | 2000 |
| | 15 | (Ti ₇ Si ₃ Al ₁)N | 0.4185 | (Ti ₆ Al ₄ Hf ₄ Cr ₄)N | 7 | 0.41 | 36.00 | 2000 |
| | 16 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4202 | (Ti ₆ Al ₄)N | 4 | 0.32 | 35.50 | 2000 |
| | 17 | (Ti ₇ Si ₃ B ₄)N | 0.4196 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.40 | 36.00 | 2000 |
| | 18 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4213 | (Ti ₆ Al ₄)ON | 13 | 0.15 | 35.50 | 2000 |
| | 19 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4212 | (Ti ₆ Al ₄ Si ₄)CN | 6 | 0.51 | 36.00 | 2000 |
| | 20 | (Ti ₇ Si ₃ V ₄ Ta ₄)N | 0.4201 | (Ti ₆ Al ₄)N | 7 | 0.25 | 36.50 | 2000 |
| | 21 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4196 | (Ti ₆ Al ₄)N | 4 | 0.33 | 36.00 | 2000 |
| | 22 | (Ti ₇ Si ₃)CON | 0.4198 | (Ti ₆ Al ₄)CN | 2 | 0.21 | 35.75 | 2000 |
| | 23 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4206 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.24 | 36.00 | 2000 |
| | 24 | (Ti ₇ Si ₃)ON | 0.4196 | (Ti ₆ Al ₄)N | 4 | 0.15 | 36.00 | 2000 |
| | 25 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4193 | (Ti ₆ Al ₄)N | 20 | 0.24 | 35.75 | 2000 |
| | 26 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4212 | (Ti ₆ Al ₄ Si ₄)N | 9 | 0.25 | 35.75 | 2000 |
| | 27 | (Ti ₇ Si ₃ H ₄)N | 0.4193 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.23 | 36.50 | 2000 |
| | 28 | (Ti ₇ Si ₃ B ₄)N | 0.4194 | (Ti ₆ Al ₄)N | 4 | 0.14 | 35.50 | 2000 |
| | 29 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4201 | (Ti ₆ Al ₄ B ₄)N | 4 | 0.15 | 35.25 | 2000 |
| | 30 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4178 | (Ti ₆ Al ₄)N | 30 | 0.13 | 35.50 | 2000 |
| | 31 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4192 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.21 | 34.50 | 2000 |
| | 32 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4209 | (Ti ₆ Al ₄ Hf ₄ Cr ₄)N | 6 | 0.32 | 35.75 | 2000 |
| | 33 | (Ti ₇ Si ₃ Mo ₃ W ₃)N | 0.4212 | (Ti ₆ Al ₄)N | 6 | 0.41 | 36.25 | 2000 |
| | 34 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4173 | (Ti ₆ Al ₄)N | 30 | 0.13 | 35.00 | 2000 |
| | 35 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4216 | (Ti ₆ Al ₄ Si ₄)N | 5 | 0.45 | 35.75 | 2000 |
| | 36 | (Ti ₇ Si ₃)CON | 0.4202 | (Ti ₆ Al ₄)N | 15 | 0.22 | 36.00 | 2000 |
| | 37 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4193 | (Ti ₆ Al ₄ B ₄)N | 2 | 0.24 | 36.00 | 2000 |
| | 38 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4211 | (Ti ₆ Al ₄ Hf ₄ Cr ₄)N | 10 | 0.31 | 36.00 | 2000 |
| | 39 | (Ti ₇ Si ₃ V ₄ Ta ₄)N | 0.4189 | (Ti ₆ Al ₄)N | 4 | 0.13 | 34.75 | 2000 |
| | 40 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4213 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.23 | 35.75 | 2000 |
| | 41 | (Ti ₇ Si ₃)CN | 0.4221 | (Ti ₆ Al ₄ Zr ₃ Y ₃)N | 2 | 0.43 | 36.00 | 2000 |
| | 42 | (Ti ₇ Si ₃ Al ₁)N | 0.4196 | (Ti ₆ Al ₄)N | 5 | 0.35 | 35.75 | 2000 |
| | 43 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4176 | (Ti ₆ Al ₄)N | 20 | 0.11 | 34.75 | 2000 |
| | 44 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4224 | (Ti ₆ Al ₄ Zr ₃ Y ₃)N | 2 | 0.26 | 35.75 | 2000 |
| | 45 | (Ti ₇ Si ₃ B ₄)N | 0.4198 | (Ti ₆ Al ₄)CN | 4 | 0.37 | 36.00 | 2000 |
| | 46 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4203 | (Ti ₆ Al ₄ Zr ₃ Y ₃)N | 10 | 0.36 | 36.00 | 2000 |
| | 47 | (Ti ₇ Si ₃)N | 0.4213 | (Ti ₆ Al ₄)CON | 30 | 0.15 | 35.50 | 2000 |
| | 48 | (Ti ₇ Si ₃ Al ₁)N | 0.4196 | (Ti ₆ Al ₄)N | 10 | 0.35 | 36.25 | 2000 |
| | 49 | (Ti ₇ Si ₃ V ₄ Ta ₄)N | 0.4203 | (Ti ₆ Al ₄)N | 2 | 0.42 | 36.00 | 2000 |

【0023】

【表2】

| | | a 層 | | b 層 | 総積層数 (a層+b層) | c 層 (TiN) | 工具寿命 | |
|-------------|----|--|--------------|---|-----------------|------------|--------------|-------------|
| | | 組成 | 格子定数 (nm) | 組成 | | 厚み (μm) | エンドミル (m) | ドリル (穴数) |
| 比 較 例 | 50 | (Ti ₆₄ Al ₁₆)N | 0.4164 | (Ti ₇₀ Si ₂₀)N | 2 | — | 3.25 | 60 |
| | 51 | (Ti ₃₂ Si ₆₈)N | 0.4256 | (Ti ₄₂ Al ₅₈)N | 3 | 0.33 | 16.75 | 1021 |
| | 52 | (Ti ₇₀ Si ₃₀)N | 0.4255 | (Ti ₆₄ Al ₃₆)N | 4 | 0.17 | 26.25 | 1403 |
| | 53 | (Ti ₇₇ Si ₂₃)N | 0.4190 | (Ti ₂₈ Al ₇₂)N | 2 | 0.32 | 4.75 | 1367 |
| | 54 | (Ti ₇₁ Si ₁₂ V ₃ Ta ₃)N | 0.4172 | (Ti ₂₈ Al ₇₂)N | 40 | 0.20 | 20.50 | 1154 |
| | 55 | (Ti ₆₇ Si ₁₅)N | 0.4221 | (Ti ₄₁ Al ₄₅ Zr ₃ Y ₁₀)N | 2 | 0.26 | 18.25 | 1096 |
| | 56 | (Ti ₇₁ Si ₂₂ Nb ₇)N | 0.4256 | (Ti ₄₅ Al ₅₅)N | 6 | 0.51 | 26.25 | 1396 |
| | 57 | (Ti ₇₆ Si ₂₂)N | 0.4211 | (Ti ₆₁ Al ₃₉)N | 2 | 0.25 | 10.75 | 1144 |
| | 58 | (Ti ₇₆ Si ₂₂)N | 0.4222 | (Ti ₃₄ Al ₆₆)N | 2 | 1.55 | 20.25 | 1547 |

【0024】

【表3】

| | | 皮膜構造および組成 | 工具寿命 | |
|-------------|----|--|--------------|-------------|
| | | | エンドミル (m) | ドリル (穴数) |
| 従 来 例 | 59 | (Ti ₅₄ Al ₄₆)N単一皮膜 | 10.25 | 952 |
| | 60 | TiN最下層1.44 μ m + (Ti ₅₃ Al ₄₇)N | 10.25 | 931 |
| | 61 | (Ti ₄₂ Al ₅₈)N単一皮膜 | 10.50 | 974 |
| | 62 | TiN最下層1.12 μ m + (Ti ₄ Al ₅₇)N | 9.75 | 940 |
| | 63 | TiN単一皮膜 | 1.25 | 52 |

【0025】表1、表2および表3より、本発明例は、比較例ならびに従来例と比べて、工具寿命が著しく向上しており、乾式高速切削加工に十分対応することがわかる。比較例51は、皮膜組成については本発明に含まれるものであるが、皮膜の層構造が異なるため、エンドミルおよびドリル、両工具の切削において、皮膜の剥離が早期に生じ、非常に短寿命となった。比較例53、57は、皮膜の組成、層構造については本発明に含まれるものであるが、a層の格子定数が満足していないため、十分な皮膜硬さが得られず本発明例に比べ短寿命となっ

20

た。また、比較例59においても、従来例に比べ比較的良好な工具寿命を示すものの、c層の層厚が厚いため、本発明例に比べると短寿命である。

【0026】

【発明の効果】以上の如く、本発明の硬質皮膜被覆工具は、従来の被覆工具に比べ優れた耐酸化性、耐摩耗性を有することから、乾式高速切削加工において格段に長い工具寿命が得られ、切削加工における生産性の向上だけでなく環境問題への対応にも極めて有効である。